

Are There Ethical Limitations for Improving Physical Performance in Soldiers?

Xavier Bigard
Nathalie Koulmann
Sébastien Banzet
Hervé Sanchez
Alexandra Malgoyre

Department of human factors, Military Institute of Biomedical Research, 38700 La Tronche, France

xbigard@crssa.net
xavier_bigard@yahoo.fr

ABSTRACT

Like athletes, soldiers improve their individual performance by specific, mixed and progressive training. The technical efficiency of soldiers results from several factors, including the individual responsiveness to training, the nature of both physical and mental training, and then depends on the individual talent and degree of preparation.

However, whatever the sport activity, taking exams, fighting in a war, or even simply living longer, the desire to improve its performance is inherently human. Drugs have been used from pre-Christian times and even in mythology, performers used unfair tactics. Stimulant use has continued down the years and has led to the development of many pharmaceutical preparations. Recent revelations about the development of THG and other designer drugs in laboratories testify to the fact that researches to improving human performance are burning issues.

Drug doping uses therapeutic advances in exercise physiology and clinical pharmacology to provide unfair advantages to athletes; drugs used enhance performance as stimulants, such as amphetamines, enhance performance by increasing the amount of oxygen-carrying red blood cells or are markedly anabolic. In addition, gene doping uses new scientific developments that manipulate DNA by either injecting novel genes or modulating existing genes. Very recent papers clearly demonstrate, at least in animal models, the potential effectiveness of such methods.

However, while training, practicing and studying are all successful and ethically acceptable strategies to improve performance, pharmaceutical enhancements and gene doping create profound ethical dilemmas and concerns about the integrity of sport and the health effects of long-term use. Cases abound of athletes using performance-enhancers, that is why it is very important to be clear about the ethical foundations of sport and the arguments for and against the use of performance enhancing technologies.

These issues emerging from the sport community also rise several issues in Army. Many soldiers probably covertly use drugs that enhance performance, without control by physician. In parallel with these individual approaches, the issue arises of the collective and under order approach of the use of performance-enhancers. Advocates of doping in sport claim that the consequences of drug-taking are less serious than the irreversible and sometimes even mortal injuries caused by the practice of sport itself. Moreover, they claim that there is no difference between taking drugs to cure illness and using them to improve performance in sport. We can consider that these arguments are not very convincing in sport, because of the ethical dimension of the problem. In Army, this issue needs to be revisited regarding the development of asymmetric warfare, a conflict in which the resources of two belligerents differ in essence and that involves strategies and tactics of unconventional warfare to offset deficiencies in quantity or quality. The key issue to address for us concerns the limits that we accept to train human in the context of modern and asymmetric warfare.

Report Documentation Page		Form Approved OMB No. 0704-0188
<p>Public reporting burden for the collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington VA 22202-4302. Respondents should be aware that notwithstanding any other provision of law, no person shall be subject to a penalty for failing to comply with a collection of information if it does not display a currently valid OMB control number.</p>		
1. REPORT DATE OCT 2009	2. REPORT TYPE N/A	3. DATES COVERED -
4. TITLE AND SUBTITLE Are There Ethical Limitations for Improving Physical Performance in Soldiers?		5a. CONTRACT NUMBER
		5b. GRANT NUMBER
		5c. PROGRAM ELEMENT NUMBER
6. AUTHOR(S)		5d. PROJECT NUMBER
		5e. TASK NUMBER
		5f. WORK UNIT NUMBER
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) Department of human factors, Military Institute of Biomedical Research, 38700 La Tronche, France		8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)		10. SPONSOR/MONITOR'S ACRONYM(S)
		11. SPONSOR/MONITOR'S REPORT NUMBER(S)
12. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Approved for public release, distribution unlimited		
13. SUPPLEMENTARY NOTES See also ADA562561. RTO-MP-HFM-181 Human Performance Enhancement for NATO Military Operations (Science, Technology and Ethics) (Amelioration des performances humaines dans les opérations militaires de l'OTAN (Science, Technologie et Ethique)). RTO Human Factors and Medicine Panel (HFM) Symposium held in Sofia, Bulgaria, on 5-7 October 2009., The original document contains color images.		
14. ABSTRACT Like athletes, soldiers improve their individual performance by specific, mixed and progressive training. The technical efficiency of soldiers results from several factors, including the individual responsiveness to training, the nature of both physical and mental training, and then depends on the individual talent and degree of preparation. However, whatever the sport activity, taking exams, fighting in a war, or even simply living longer, the desire to improve its performance is inherently human. Drugs have been used from pre-Christian times and even in mythology, performers used unfair tactics. Stimulant use has continued down the years and has led to the development of many pharmaceutical preparations. Recent revelations about the development of THG and other designer drugs in laboratories testify to the fact that researches to improving human performance are burning issues. Drug doping uses therapeutic advances in exercise physiology and clinical pharmacology to provide unfair advantages to athletes; drugs used enhance performance as stimulants, such as amphetamines, enhance performance by increasing the amount of oxygen-carrying red blood cells or are markedly anabolic. In addition, gene doping uses new scientific developments that manipulate DNA by either injecting novel genes or modulating existing genes. Very recent papers clearly demonstrate, at least in animal models, the potential effectiveness of such methods.		
15. SUBJECT TERMS		

16. SECURITY CLASSIFICATION OF:			17. LIMITATION OF ABSTRACT SAR	18. NUMBER OF PAGES 12	19a. NAME OF RESPONSIBLE PERSON
a. REPORT unclassified	b. ABSTRACT unclassified	c. THIS PAGE unclassified			

Standard Form 298 (Rev. 8-98)
Prescribed by ANSI Std Z39-18

Dès lors qu'en milieu militaire nous évoquons l'amélioration des performances nous sommes conduits à faire référence au monde sportif. Force est de constater que les liens existant entre la guerre, les conflits et les manifestations sportives sont très complexes, mais historiquement très étroits. Tout au long des 5000 années, l'Humanité a organisé des guerres et généré des conflits. Très tôt, les sociétés organisées ont essayé de créer des régimes capables d'enrayer les guerres ou au moins, de limiter leurs effets destructeurs. Parmi toutes les tentatives développées, certaines sociétés antiques ont donné naissance à des compétitions sportives dont l'un des objectifs était de maîtriser la violence physique, principalement la guerre. La complexité des liens qui existent entre les conflits armés et la pratique sportive est majorée par un certain nombre de faits, dont les modalités adoptées pour préparer le personnel au combat. La nécessité de s'entraîner physiquement et de se préparer à combattre a très vite été comprise et considérée comme fondamentale ; l'exemple des phalanges romaines est démonstratif de cette prise en compte de la nécessité de la préparation physique au combat, en particulier afin de tolérer le port d'équipements lourds et de protections (armures). Dès cette époque, les militaires sont soumis à des entraînements très durs, associés à des règles nutritionnelles très élaborées ; la finalité de cette préparation c'est l'efficacité au combat, les moyens utilisés concourent tous à améliorer les performances physiques et la motivation des hommes. Des règles sont d'ores et déjà édictées afin de préserver l'état de santé des combattants, leur équilibre psychique, leur maîtrise de soi, qui constituent les prémisses d'une éthique de la préparation physique militaire. On peut ainsi retenir qu'à toutes les époques, les armées ont mis l'entraînement physique au centre de leurs préoccupations.

Des doctrines originales et novatrices de préparation au combat ont donc très rapidement été proposées, dès l'antiquité, alors que dans le même temps, les compétitions sportives étaient en plein essor. Des programmes de préparation physique, novateurs pour l'époque sont proposés aux militaires comme aux athlètes. Aux règles de préparation appliquées aux militaires et à l'éthique qui entoure leur entraînement au combat, on identifie une éthique propre au sport qui caractérise des pratiques, des recommandations, visant les sportifs à se conduire et à agir de façon conforme à des valeurs morales au premier rang desquelles la promotion d'un esprit sain dans un corps sain. C'est dès l'époque antique que les fondements d'une éthique du sport ont été pris naissance, qui prônent l'implication de l'Homme dans son intégralité, et respectant la santé mentale et la santé corporelle des athlètes. C'est en conformité à ces règles que les moyens mis en oeuvre pour améliorer les performances physiques des sportifs sont considérés comme éthiquement acceptables ou pas.

Au fil des années, les progrès considérables des techniques et de la pharmacologie ont permis de proposer des outils, des moyens techniques, des stratégies pharmacologiques de plus en plus sophistiquées afin d'améliorer les performances physiques de l'Homme. Des moyens très différents, tous complémentaires, sont actuellement disponibles afin d'améliorer les performances physiques, parmi lesquels les méthodes de sélection, d'entraînement, les moyens matériels et les équipements, certains produits pharmacologiques, des moyens chirurgicaux et les manipulations génétiques. L'ensemble de ces moyens, pour certains largement utilisés en milieu sportif, sont aussi à la disposition des chercheurs militaires afin d'améliorer les performances de nos troupes. Les importants progrès de ces dernières années et ceux attendus dans les années qui viennent amènent à se poser la question de leur utilisation en milieu militaire, tout en restant conforme aux principes moraux d'un code d'amélioration des performances physiques qui nous est propre et qui diffère naturellement de l'éthique du sport.

Le but de cette présentation est donc de faire le point actuel des résultats attendus de différentes stratégies d'amélioration des performances physiques et d'évaluer pour chacun de ces moyens son niveau d'acceptabilité morale en milieu militaire. Cette présentation sera principalement centrée (mais pas uniquement) sur l'amélioration des performances physiques des combattants de l'infanterie et des troupes de mêlée. Elle vient en complément d'une autre présentation de ce symposium ([7]). Nous présenterons dans un premier temps les évolutions envisageables de différents moyens d'améliorer les performances physiques, et dans un deuxième temps, leur cohérence avec nos principes éthiques.

1.0 L'AMELIORATION DES PERFORMANCES PHYSIQUES

Comme c'est le cas pour de nombreuses activités, tant professionnelles que de loisir et sportives, les performances physiques peuvent être améliorées par la sélection raisonnable du personnel pour des tâches précises, la mise en œuvre de méthodes adaptées d'entraînement, et la proposition d'équipements spécifiques. C'est l'utilisation de substances pharmacologiques et l'éventualité de corrections chirurgicales qui posent à l'évidence le plus de questions d'ordre éthique. Enfin, les manipulations génétiques bien que restant encore du domaine du futur, ne sont pas sans nous questionner sur leur utilisation potentielle à des fins d'amélioration des performances physiques.

1.1 La sélection des personnels

La pratique de la sélection du personnel est très classique. Elle peut avoir deux finalités, la première c'est de sélectionner du personnel médicalement apte au métier de militaire, ne présentant pas de pathologie évolutive à bas bruit, ni de facteur de risque médical de développement d'une pathologie réactionnelle. Cette étape est absolument indispensable et ne peut pas être court-circuitée. Elle pourrait cependant, dans une démarche générale de préservation de l'état de santé des militaires et de prévention de la survenue de pathologies réactionnelles, être complétée par d'autres démarches. Les progrès actuels de la biologie moléculaire nous permettent d'envisager de nouvelles approches qui pourraient, dans le futur, reposer sur la recherche de génotypes considérés comme étant à risque de développement de pathologies d'intolérance ; l'un des exemples les plus marquants en milieu militaire est celui du coup de chaleur d'exercice (CCE) dont l'incidence a considérablement réduit grâce à l'application de recommandations de pratique de l'exercice en zones climatiques chaudes. Cependant, une prévention en amont semble indispensable, notamment pour éviter l'exposition de personnes considérées comme étant à risque ; par ailleurs, des problèmes persistent quant à la détermination de l'aptitude médicale du personnel ayant présenté un épisode de CCE pour lequel l'identification de génotypes pré-disposants est du plus grand intérêt. Des résultats récents obtenus dans notre laboratoire ont permis de montrer que la charge thermique le génotype d'un gène particulier, le gène codant l'enzyme de conversion de l'angiotensine était un modulateur de la charge thermique résultant d'un exercice militaire réalisé en ambiance chaude (Figure 1).

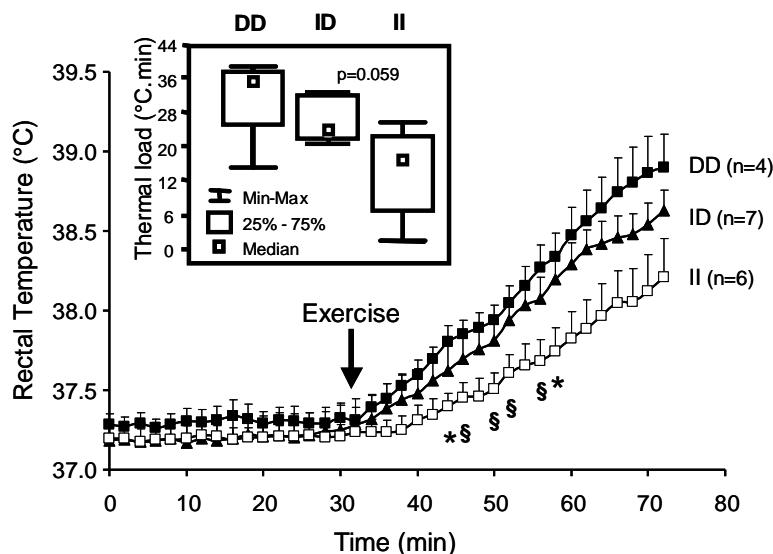


Figure 1: Evolution de la température rectale et de la charge thermique chez des militaires présentant les génotypes II, ID et DD du gène codant l'enzyme de conversion de l'angiotensine, au cours d'un exercice militaire en climat chaud.

Ces résultats n'ont que valeur d'exemple ; ils méritent d'être validés, confirmés dans différentes circonstances. Ils permettent cependant d'envisager pour l'avenir de nouvelles pistes de dépistage de personnels à risque pour des accidents ou des manifestations pathologiques d'intolérance de l'environnement opérationnel ou de situations militaires.

La sélection du personnel peut aussi se donner pour objectif d'identifier les personnels présentant des compétences spécifiques pour un emploi, en terme de capacités individuelles, physiques et/ou cognitives. Pour être efficace, cette approche nécessite cependant que le recrutement soit suffisant pour permettre une sélection en fonction de capacités considérées comme ayant auparavant été considérées comme déterminantes. Une autre stratégie de sélection envisageable pourrait être de ne pas se baser sur la détermination de capacités physiologiques en un temps donné (par exemple au moment de l'incorporation), mais plutôt sur la réponse individuelle à l'entraînement physique. Cette méthode paraît en théorie bien plus séduisante, mais pose de très grosses difficultés de mise en œuvre ; il s'agirait soit de mettre les sujets en situation de réponse à l'entraînement physique individuel (ce qui est difficilement concevable pour des raisons pratiques et de responsabilité de l'institution militaire), soit d'identifier des marqueurs biologiques de la réponse à l'entraînement physique (question importante pour l'avenir, mais non encore résolue).

1.2 L'entraînement des personnels

L'entraînement spécifique du personnel est absolument indispensable pour assurer la réussite des missions, que cet entraînement soit physique, technique (utilisation potentielle de simulateurs de situations), ou même psychologique. Même si la réussite d'une mission nécessite la concordance de multiples capacités et compétences, ne sont considérées dans cet article que les techniques d'entraînement physique. L'entraînement physique, indispensable pour assurer l'amélioration des performances, doit toujours répondre à des objectifs physiologiques ; les principales questions posées au regard de la mise en œuvre de techniques d'entraînement en milieu militaire, concernent principalement leur caractère inoffensif pour la santé et leur absence de dangerosité.

1.3 Les équipements portés

Les combats modernes nécessitent l'emploi d'équipements de nouvelle génération qui contribuent largement à l'amélioration des performances des militaires. Sous ce vocable, on peut concevoir deux types d'équipements, ceux qui sont portés par les militaires en opération et qui peuvent contribuer à l'amélioration des performances humaines, par leur structure, la matière dont ils sont composés, etc. On peut aussi entrer dans cet ensemble, des équipements ou systèmes externes, qui permettent d'améliorer de manière importante les performances physiques, en terme de vitesse de déplacement, ou de capacité à déplacer de lourdes charges. Cette dernière propriété est celle qui est directement visée par les projets de développement d'exosquelettes militaires. Ces systèmes motorisés sont des dispositifs mécaniques mobiles, autonomes, qui utilisent des sources d'énergie embarquées, permettant, au moins en théorie, d'augmenter très notablement les performances physiques, en particulier dans les domaines de l'emport et de la manipulation de charges lourdes. Les performances visées sont celles de force, de vitesse de mouvement, de résistance aux effets mécaniques, etc.

Nombre de ces systèmes sont actuellement en développement à des fins de compensation de déficits, pour des patients ; on est là dans le contexte général de « *l'Homme réparé* ». Il s'agit bien là de suppléer une déficience motrice de manière non-invasive. L'extension de ces systèmes à l'homme sain, dans un but d'amélioration des performances est en théorie envisageable, mais dans un laps de temps qui reste totalement inconnu. Force est de constater que ces systèmes ne sont pas encore suffisamment avancés pour pouvoir être envisagés chez l'Homme sain dans un contexte « *d'Homme augmenté* ».

Comme nous le verrons plus loin, les problèmes et questions éthiques posés par l'utilisation de tels équipements chez le militaire peuvent être abordés sereinement compte tenu des délais prévisibles importants qui nous séparent de leur éventuelle disponibilité en opérations.

1.4 Les produits dopants

On peut constater que l'utilisation de substances pharmacologiques dévolues au traitement de patients présentant différentes pathologies (contexte général de « *l'Homme réparé* ») par des sujets sains avec pour objectif d'améliorer les performances physiques (contexte « *d'Homme augmenté* ») est extrêmement fréquente. L'utilisation de telles substances est largement connue et très médiatisée en milieu sportif. Cependant, bien d'autres milieux socioprofessionnels sont touchés, sans qu'il y ait pour autant de réglementation ou de limitation légale d'utilisation ; c'est le cas de certaines professions pendant les phases d'intense activité ou des étudiants en périodes d'examens. Alors que l'utilisation de substances dopantes est totalement prohibée pour les sportifs (qui sont pour la majorité d'entre eux membres d'une vraie profession), les membres d'autres professions peuvent utiliser sans limite certaines substances dopantes qu'il peuvent maintenant acquérir par différentes filières, en particulier sur internet.

Les substances dopantes sont sensées avoir des effets très ciblés. En théorie, leur utilisation permet d'atteindre des objectifs bien identifiés, comme l'augmentation de la masse musculaire, du transport de l'oxygène, etc. cependant, force est de constater que les produits aujourd'hui utilisés n'ont que rarement fait leurs preuves au plan expérimental.

1.4.1 Les pratiques dopantes actuellement identifiées

Dans le cadre de l'amélioration des performances physiques, les principales substances utilisées peuvent être classées en

1.4.1.1 substances destinées à augmenter la force et la puissance musculaire.

Pour les adeptes de disciplines sportives pour lesquelles la délivrance de force musculaire est déterminante, la tentation d'avoir recours à des substances anabolisantes musculaires est forte. Il existe plusieurs familles de substances qui peuvent répondre à ces objectifs d'augmentation de la masse et des performances musculaires ; ce sont principalement les stéroïdes anabolisants (dont la tétrahydrogestrinone, THG, rendue célèbre par le laboratoire Balco), les hormones de croissance associées ou pas à l'insuline, ainsi que d'autres facteurs de croissance locaux (*insulin-like growth factor-1*, etc.).

1.4.1.2 substances destinées à améliorer la diffusion de l'oxygène aux tissus utilisateurs.

On range dans cette catégorie les substances broncho-dilatatriques comme les β_2 -mimétiques (salbutamol), mais aussi l'ensemble des molécules impliquées dans l'érythropoïèse (EPO) ou dans le transport de l'oxygène (perfluorocarbures, PFC). A ces catégories de substances, on associe les transfusions autologues et pour certains, les moyens naturels (non considérés comme des stratégies dopantes par les instances de lutte contre le dopage sportif) qui conduisent à augmenter la capacité de transport de l'oxygène (séjours en altitude, expositions en caissons hypobares, etc.).

1.4.1.3 autres substances améliorant les performances par leurs effets centraux.

De nombreuses substances peuvent être utilisées afin d'améliorer les performances physiques de l'Homme, en agissant sur des processus de régulation centrale. Le maintien de la stabilité émotionnelle par la prise d'alcool, de β -bloquants ou d'autres anxiolytiques contribue aussi à l'amélioration des performances humaines. Il en est de même de substances euphorisantes, antalgiques, ou de substances permettant de maintenir l'éveil.

1.4.2 Les substances de demain

L'histoire du détournement de médicaments destinés aux patients à des sujets sains pour l'amélioration de leurs performances physiques (et/ou mentales) (de « l'*Homme réparé* » à « l'*Homme augmenté* ») est très ancienne, et ne s'est pas arrêtée, malgré toutes les démarches de lutte contre le dopage entamées par les instances internationales. Les progrès considérables réalisés ces dernières années dans la compréhension des mécanismes moléculaires des grandes pathologies ont permis d'envisager des thérapeutiques de mieux en mieux ciblées, agissant directement sur des molécules régulatrices intracellulaires ; on doit logiquement envisager que certaines d'entre elles puissent être détournées de leur indication première et utilisées à des fins d'augmentation des performances.

Certaines de ces substances risquent d'être très rapidement utilisées chez l'homme sain. C'est le cas d'activateurs sélectifs de certains facteurs de transcription, petites protéines impliquées dans le contrôle de la transcription de gènes-cibles qui jouent un rôle déterminant pour les performances physiques. Une famille de facteurs de transcription (qui sont en l'occurrence des récepteurs nucléaires activés par des ligands spécifiques), la famille des « *peroxisome proliferator activated receptor* » (PPAR) est tout spécialement impliquée dans le contrôle du métabolisme énergétique musculaire. Une forme particulière de ces facteurs de transcription, PPAR δ permet de moduler le flux d'utilisation des acides gras par le muscle. Considérant que l'un des facteurs limitant les performances de l'homme au cours d'exercices physiques de très longue durée c'est le débit d'utilisation des acides gras (et donc d'épargne du glycogène), les substances activatrices de PPAR δ sont naturellement devenues des candidats à l'amélioration de l'endurance. Des essais très démonstratifs ont été réalisés sur modèles animaux, au cours desquels on a montré qu'associée à un entraînement en endurance, l'administration d'un agoniste PPAR δ permettait de doubler la performance exprimée sous la forme du temps maximal de maintien d'une vitesse de course et de la distance totale parcourue (Figure 2) ([5]). Ces substances pharmacologiques qui bénéficient de brevets industriels ne sont pas encore commercialisées, les études cliniques ne faisant que débuter ([6]) ; l'indication de ces molécules est à l'évidence la réhabilitation de patients présentant d'importantes maladies métaboliques, mais leur détournement à l'homme sain dans un but d'amélioration des performances est à craindre.

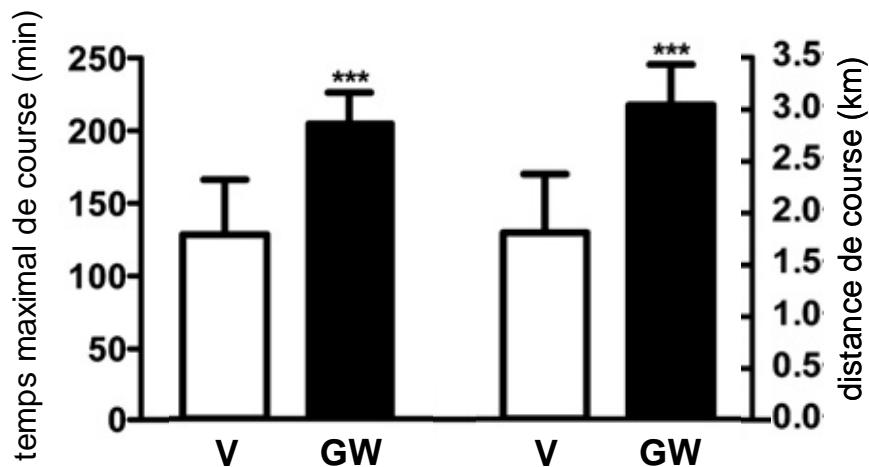


Figure 2: Evolutions des performances en endurance de modèles animaux entraînés, et traités par un activateur PPAR δ (GW) ou un placebo (V). Les performances sont évaluées par le temps maximal à la course sur tapis roulant (barres de gauche) et la distance maximale parcourue (barres de droite).
 (d'après [5])

D'autres molécules actuellement à l'étude sont susceptibles d'être utilisées chez l'homme sain dans un contexte général de détournement de leur indication initiale ; c'est le cas d'activateurs de systèmes enzymatiques régulateurs du métabolisme énergétique musculaire comme « *l'AMP-activated protein kinase* » (AMPK). D'autres substances émergent, pouvant jouer un rôle important pour l'amélioration des performances en endurance. C'est le cas de molécules susceptibles de limiter les effets de la durée de l'exercice sur les perturbations de la libération du calcium à partir du réticulum sarcoplasmique, facteur impliqué dans les états de fatigue musculaire et de faillite de performance en endurance. Des molécules encore dans les premiers stades des études expérimentales sur modèles animaux (S-107 et JTV-519) ont d'ores et déjà démontré leurs effets sur les performances physiques ([2]). Enfin, on ne fera que citer d'autres molécules agissant comme agonistes des récepteurs musculaires aux stéroïdes (« *selective androgen receptor modulators* », SARMs, Ostarine), ou d'autres agissant comme stabilisateurs de facteurs de transcription impliqués dans les réponses du muscle à l'entraînement physique ou dans l'érythropoïèse ; c'est le cas de stabilisateurs de la sous-unité β du complexe HIF (« *hypoxia-inducible factor* »), facteur de transcription impliqué dans la régulation de la transcription du gène EPO ([4]).

1.5 Le dopage génétique

Les progrès considérables réalisés dans ce domaine laissent à penser qu'il sera envisageable, dans un avenir encore impossible à évaluer à ce jour, de modifier le génome exprimé de certains tissus et de modifier ainsi les caractéristiques physiologiques (et psychologiques) de sujets sains. Les techniques qui permettent d'induire ces modifications du niveau d'expression de gènes cibles impliqués dans le niveau de performances physiques sont encore en cours de développement sur de petits modèles animaux et restent du domaine d'un futur possible bien qu'incertain. Certains gènes cibles peuvent être considérés comme des candidats potentiels à ces manipulations, impliqués soit dans les performances en endurance (gènes codant des facteurs de transcription ou de croissance impliqués dans la biogénèse mitochondriale, dans l'angiogenèse, etc.), soit dans les performances en force (gènes codant des facteurs impliqués dans le contrôle de la masse musculaire, tel que la myostatine, etc.).

1.6 Les dérives de la chirurgie réparatrice

La finalité de la chirurgie réparatrice c'est bien de « réparer un homme blessé ». En cela, les progrès réalisés dans le développement de biomatériaux qui sont mieux tolérés, plus résistants, à durée de vie augmentée ne peuvent être que positifs et apporter un bénéfice réel aux patients.

Cependant, dans le domaine de l'amélioration des performances physiques, certaines dérives ont pu être dénoncées ces dernières années. En milieu sportif, on a pu déplorer le remplacement de ligaments plus ou moins lésés, par des biomatériaux plus résistants, avec une indication de remplacement du ligament naturel par du matériel synthétique parfois très discutable. Disposant de biomatériaux de mieux en mieux tolérés, il peut devenir tentant de devancer les indications de prothèses ligamentaires, dès les premiers signes cliniques, sans indication formelle de remplacement. Limitant les risques d'accident, ces remplacements par des prothèses ligamentaires contribuent à l'amélioration des performances.

Un autre risque probablement moins actuel et moins crucial, c'est celui lié aux progrès réalisés dans la conception des prothèses de membre (ou de segment de membre) dont les qualités et la fonctionnalité sont sans cesse améliorées. Le remplacement de segments de membres par des prothèses peut être associé à une amélioration considérable de certaines performances. L'exemple du coureur de 200-400m Oscar Pistorius porteur de deux prothèses de jambe en fibre de carbone depuis son plus jeune âge (11 mois) est démonstratif de l'apport potentiel de prothèses ([3]). Une longue expertise médico-physiologique a permis de conclure que ce coureur handicapé était « avantage » par ses prothèses. Ces pour des raisons d'équité qu'il n'a pu être admis aux jeux olympiques de Pékin. On peut donc se poser la question de savoir si, avec tous les progrès qu'on peut attendre dans ce domaine les prochaines années, des prothèses peuvent constituer un avantage par rapport à des sportifs valides ? Les instances sportives se

sont émues de cette situation. Même si la situation peut encore paraître totalement caricaturale à ce jour, verra-t-on un jour des hommes se faire amputer, comme un sacrifice supplémentaire lié à leur carrière, dans le seul but d'accéder à la renommée ? Cette question doit aussi légitimement posée en milieu sportif doit aussi nous alerter en milieu militaire.

2.0 LES QUESTIONS ETHIQUES POSEES PAR L'AMELIORATION DES PERFORMANCES PHYSIQUES EN MILIEU MILITAIRE

Les questions d'ordre éthique posées par l'amélioration des performances sont évoquées dans un certain nombre de présentations orales et de production écrites dans le cadre de ce symposium. Il n'est pas question de revenir sur les définitions largement explicitées dans certains des articles reportés ici ([7]). On ne fera que rappeler que l'éthique se définit comme étant la morale, l'art de diriger naturellement sa conduite au sein d'une société ; c'est ce qui est attendu au delà du sentiment d'obligation. Par extension, l'éthique d'un médecin se définit comme la comportement attendu des hommes au statut de médecin ; ce comportement doit être conforme aux règles énoncées dans le serment d'Hippocrate, étendu au code de déontologie médicale. On pourrait ainsi identifier une éthique propre à chaque métier et pour les domaines qui nous concernent, une éthique des chercheurs et une éthique des militaires qui contribuent eux aussi largement à l'amélioration des performances de leur personnel. On en arrive à la notion essentielle que les principes et méthodes adoptés afin d'améliorer les performances physiques doivent être conformes aux réflexions éthiques de l'ensemble des partenaires impliqués, militaires, scientifiques (et biologistes) et médecins.

2.1 Notions générales

Pour ces différentes professions impliquées dans un processus général d'amélioration des performances, les réflexions éthiques conduisent à définir des limites pour les solutions théoriques envisagées. Pour les médecins impliqués dans les processus d'amélioration des performances physiques des combattants l'une des règles essentielles est de ne pas nuire à l'individu (« *primum non nocere* ») ([7]). L'éthique médicale englobe d'autres principes repris dans l'analyse de la bioéthique, domaine de réflexion rendu nécessaire par les progrès rapides réalisés en génétique, transplantations d'organes, de tissus et de cellules, mais aussi par la confrontation à des situations nouvelles en procréation ou de fin de vie. Ces réflexions en bioéthique concernent tout particulièrement les chercheurs, qu'ils soient scientifiques de formation ou issus du monde médical. La mise en application des différentes méthodes, le plus souvent complémentaires, destinées à améliorer les performances physiques des militaires doit être discutée en terme de cohérence des grandeurs éthiques du métier ; enfin, le niveau d'acceptabilité de chacune de ces méthodes au regard de l'éthique doit aussi être évalué. Outre le souci de ne pas nuire, les grands principes de la bioéthique englobent les notions de bénéfice, d'autonomie dans la décision et d'équité ([1]).

La notion de bénéfice attendu est importante en bioéthique ; appliquée ici, elle peut se concevoir comme représentant le bénéfice tiré de l'amélioration des performances physiques sur les capacités du militaires à combattre ; ce bénéfice peut être attendu au niveau collectif (sur la réussite de la mission) et au plan individuel (tolérance individuelle des contraintes physiques et psychologiques liées à la mission). Cette notion de bénéfice individuel et collectif est cohérente avec la « doctrine de la guerre juste » et la nécessité de réussite. La notion d'autonomie décisionnelle implique le respect du droit individuel à la décision ; cette notion du libre arbitre dans le choix que l'individu peut faire de son corps est un des principes essentiels des lois de bioéthique. L'autonomie dans la décision, le libre consentement d'une technique d'amélioration des performances physiques, reposent sur deux autres notions elles-aussi essentielles ; c'est d'une part la nécessité pour chaque individu d'avoir les connaissances nécessaires pour comprendre et juger les conséquences possibles de l'intervention proposée pour sa santé. Le choix ne peut être librement consenti par l'individu que s'il dispose de suffisamment d'informations justes et précises

pour guider sa décision. D'autre part, pour être valide, le choix de l'intéressé doit être entièrement volontaire, sans aucune pression d'aucune sorte de la part de l'environnement. On comprend dès lors toutes les difficultés qui peuvent émerger pour appliquer à la lettre ces notions et respecter les fondements des lois de bioéthique. Certaines de ces difficultés sont indéniablement liées à la notion que la réussite et l'efficacité opérationnelle dépendent d'un groupe au sein duquel l'autonomie individuelle est très relative. Il va sans dire que les pressions plus ou moins fortes du groupe, la volonté individuelle à ne pas pénaliser le groupe, minimisent considérablement le libre-arbitre et l'autonomie dans la décision. On aborde là les limites du libre arbitre et du libre consentement en cas de risque pour la collectivité ou lorsque le refus peut mettre les autres en danger. Cependant, ces difficultés sont en grande partie résolues dans la mesure où aux plans légal et éthique, le personnel militaire abandonne certains de ses droits de libre arbitre dès lors qu'il embrasse les métiers des armes.

Enfin, une autre notion est importante à considérer afin d'évaluer le caractère acceptable d'une stratégie d'amélioration des performances physiques, au regard de l'éthique, c'est celle du risque encouru. Cette analyse comporte la prise en compte du risque propre lié à l'intervention proposée (risque lié au moyen envisagé pour améliorer les performances), et le risque actuel encouru pour la santé, en l'absence d'intervention. L'environnement opérationnel étant naturellement à haut risque, toute intervention ou tout apport réduisant ces risques ne peut être qu'éthiquement recevable. Cependant, il est aussi licite de se demander si l'amélioration des performances elle-même n'est pas à même de faire courir plus de risque à l'individu (Figure 3). On est là face à un paradoxe de situation pas toujours simple à résoudre.

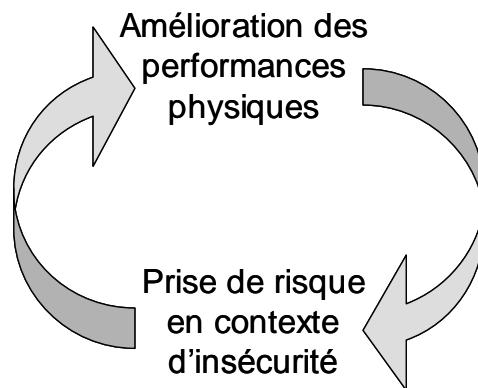


Figure 3: boucle théorique établie entre la nécessité d'amélioration des performances physiques, l'augmentation de la prise de risque et de l'exposition aux risques liés à l'environnement opérationnel qui peut en découler, et le besoin exprimé en retour de nouvelle amélioration des performances physiques.

2.2 Les moyens d'amélioration des performances physiques sont-ils tous éthiquement acceptables ?

La sélection médicale est absolument indispensable pour recruter du personnel apte à servir, à se préparer au combat et à être déployé sur les théâtres d'opérations. Par contre, il est tout à fait envisageable que dans l'avenir, des progrès considérables auront été réalisés dans le domaine de l'identification de génotypes à risque pour le développement de pathologies réactionnelles aux contraintes de l'environnement militaire. Il est envisageable d'exploiter et d'utiliser ces nouvelles connaissances dans des cadres bien définis ; au plan éthique, on peut considérer qu'un génotype à risque peut constituer un argument complémentaire pour une prise décision d'aptitude médicale à un emploi à risque. Il n'est évidemment pas concevable au plan éthique, d'envisager une sélection sur la base d'un profil génétique, en dehors de tout contexte de prise de risque de nature médicale ; c'est dans cette optique seule que la notion de profil génétique à risque peut être intégrée dans un prise de décision d'aptitude.

L'entraînement physique est nécessaire à la préparation physique des combattants. Il ne serait pas éthiquement acceptable d'exposer du personnel non suffisamment préparé aux risques de l'environnement militaire. Les questions éthiques émergent dès lors que l'on considère certains types d'entraînement accidentogènes ou qui comportent un risque pour la santé. Les entraînements potentiellement accidentogènes sont éthiquement acceptables si l'environnement médical est suffisant. Par contre, l'entraînement physique qui est susceptible d'affecter l'état de santé du personnel (physique ou psychique) reste éthiquement inacceptable.

Les équipements actuellement proposés aux militaires ne semblent pas poser de problèmes éthiques particuliers. Les questions posées par le développement d'exosquelettes peuvent être facilement résolues à ce jour ; compte tenu de l'état de développement technique de ces systèmes motorisés et des risques liés à l'environnement militaire, ces équipements ne sont pas éthiquement acceptables. La notion d'absence de prise de risque supplémentaire est essentielle à considérer pour toute proposition de nouveau matériel susceptible d'améliorer les performances des combattants.

Les questions éthiques posées par l'utilisation de substances reconnues comme dopantes sont plus difficiles à résoudre. Les substances éthiquement acceptables devraient avoir fait leurs preuves du réel bénéfice apporté sur les performances physiques, sans effets secondaires néfastes pour la santé ; on est là dans un contexte où la balance bénéfice-risque doit être envisagée. Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, la notion de risque doit être évaluée à deux niveaux, celui des effets secondaires pour la santé de certaines substances, mais aussi des effets secondaires de l'amélioration des performances elle-même, en terme de prise risque ou de surcharge de travail (Figure 3).

Certaines des substances actuellement interdites par les instances internationales chargées de la lutte contre le dopage ont des effets secondaires connus chez l'homme sain. C'est l'une des raisons qui justifient leur interdiction ; c'est le cas des stéroïdes anabolisants, des glucocorticoïdes au long court, de l'EPO mal contrôlée, etc. Ce n'est cependant pas le cas de toutes les substances utilisées dont certaines n'ont pas d'effets secondaires néfastes pour la santé de l'athlète, ce qui renforce la notion que les motifs d'interdiction d'utilisation de ces substances n'ont pas obligatoirement de lien avec la santé de l'athlète. L'émergence de nouvelles substances, déjà utilisées en clinique humaine (ou qui le seront dans les années à venir) amène à réfléchir sur leur utilisation détournée à des fins d'amélioration des performances. Cette éventualité ne peut évidemment être considérée et étudiée qu'en l'absence d'effets secondaires. L'utilisation de certaines thérapeutiques très ciblées, agissant sur des régulateurs cellulaires bien identifiés, dans des tissus parfaitement pré-déterminés réduit à l'évidence le risque d'effets secondaire ; leur absence doit cependant toujours être vérifiée, strictement contrôlée avant d'envisager leur utilisation chez l'Homme. La juste évaluation du rapport bénéfice-risque passe par une meilleure connaissance des effets de ces nouvelles thérapeutiques sur les performances physiques, mais aussi de leurs effets secondaires. Si la question du transfert de « l'Homme réparé » à « l'Homme augmenté » peut être posée, ce n'est qu'après une parfaite connaissance des risques potentiels pour la santé. C'est l'une des raisons pour lesquelles les laboratoires en charge des recherches biomédicales doivent contribuer à une meilleure connaissance des effets de ces substances qui émergent (ou émergeront ces prochaines années). Il y a bien d'autres raisons qui justifient que nos laboratoires de recherche contribuent à mieux comprendre les effets de ces nouvelles molécules sur les performances physiques, notamment le fait qu'il existe un réel besoin d'information sur les molécules dopantes de la part des militaires ; ce besoin ne peut être couvert que par l'apport d'informations justes, obtenues par la recherche, et transmises par le biais des médecins et des cadres de contact.

Toutes les substances susceptibles d'améliorer les performances physiques sont totalement interdites par les instances sportives en charge de la lutte contre le dopage ; il est remarquable de constater à ce propos que les sportifs constituent la seule profession soumise à des interdits d'utilisation de substances dopantes. Les raisons lesquelles ces substances sont interdites pour les sportifs peuvent être résumées en trois points, la protection de leur état de santé (au regard des effets secondaires de certaines

de ces substances), le respect de l'éthique sportive et le souci d'assurer à chacun les mêmes chances de réussite au cours des compétitions. Ces deux dernières raisons, tout à fait indiquées pour le monde sportif ne sont pas acceptables en l'état pour les militaires ; seul l'argument qui consiste à prévenir la survenue d'effets secondaires est aussi applicable à la communauté militaire et peut constituer une limite de leur utilisation.

Les manipulations génétiques que l'on peut envisager dans le futur doivent rester du domaine de « l'*Homme réparé* ». Leur détournement à « l'*Homme augmenté* » n'est en aucune manière éthiquement acceptable. Il en est de même pour la chirurgie réparatrice qui doit strictement rester dans le domaine de la correction de déficits avérés, après que les indications chirurgicales aient été strictement posées, sans dérive préventive ou d'amélioration des performances motrices.

CONCLUSIONS

La préparation physique des militaires est absolument indispensable à l'efficacité opérationnelle. Nos militaires doivent bénéficier des techniques (et des moyens) les plus modernes pour progresser et voir leurs performances physiques s'améliorer. Le contraire ne serait pas éthiquement acceptable. Cependant, tous les moyens à déployer pour améliorer leurs performances ne sont pas acceptables au plan éthique. Les réflexions que nous devons mener dans ce domaine sont spécifiques à l'environnement militaire et à ses objectifs stratégiques. Les moyens que nous considérons comme éthiquement acceptables doivent être compatibles avec les principes éthiques spécifiques à la médecine (éthique médicale), à la recherche (bioéthique) et au monde militaire (éthique militaire). Comparativement au monde sportif, lui aussi très impliqué dans les réflexions menées afin de juger du caractère éthiquement acceptable de nouvelles techniques d'amélioration des performances physiques de l'Homme, on peut proposer le positionnement reporté sur la Figure 4. Cette suggestion ne constitue qu'une première base de réflexion qu'il faudra étoffer et réviser au fil du temps. Il est en effet du devoir de nos chercheurs, en parallèle de leur travail très technique d'apport de connaissance et d'expertise scientifique, de réfléchir sur les limites éthiques de l'amélioration des performances et sur l'acceptabilité de nouveaux moyens émergeant.

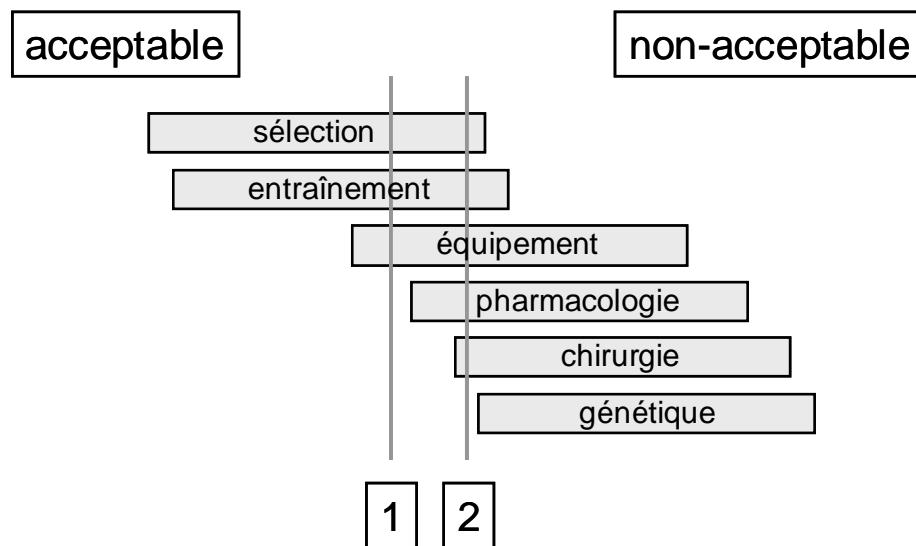


Figure 4: proposition de positionnement des techniques d'amélioration des performances physiques des militaires (2), comparativement au positionnement des sportifs (1). Ce positionnement est relatif aux caractères éthiquement acceptable ou non.

Références

- [1] Beauchamp TL, Childress JF. *Principles of biomedical ethics*. 4th ed. Oxford : Oxford University Press, 1994 : 38.
- [2] Bellinger AM, Mongillo M, Marks AR. *Stressed out: the skeletal muscle ryanodine receptor as a target of stress*. *J Clin Invest* 118, 445-453, 2008.
- [3] Camporesi S. *Oscar Pistorius, enhancement and post-humans*. *J Med Ethics* 34, 639, 2008.
- [4] Hsieh MM, Linde NS, Wynter A, Metzger M, Wong C, Langsetmo I, Lin A, Smith R, Rodgers GP, Donahue RE, Klaus SJ, Tisdale JF. *HIF prolyl hydroxylase inhibition results in endogenous erythropoietin induction, erythrocytosis and modest fetal hemoglobin expression in rhesus macaques*. *Blood* 110, 2140-2147, 2007.
- [5] Narkar VA, Downes M, Yu RT, Embler E, Wang YX, Banayo E, Mihaylova MM, Nelson MC, Zou Y, Juguilon H, Kang H, Shaw RJ, Evans RM. *AMPK and PPAR δ agonists are exercise mimetics*. *Cell* 134, 405–415, 2008.
- [6] Risérus U, Sprecher D, Johnson T, Olson E, Hirschberg S, Liu A, Fang Z, Hegde P, Richards D, Sarv-Blat L, Strum JC, Basu S, Cheeseman J, Fiedling BA, Humphreys SM, Danoff T, Moore NR, Murgatroyd P, O'Rahilly S, Sutton P, Willson T, Hassall D, Frayn KN, Karpe F. *Activation of peroxisome proliferator-activated receptor(PPAR)delta promotes reversal of multiple metabolic abnormalities, reduces oxidative stress and increases fatty acid oxidation in moderately obese men*. *Diabetes* 57, 332-339, 2008.
- [7] Trousselard M, Andruetan Y, Vautier V, Canini F, Clervoy P. *What is legal for French research and what is ethical in French military research ? Podium presentation 8. HFM-181 Symposium on "Human Performance Enhancement for NATO Military Operations" (Science, Technology, and Ethics), Sofia, 5 - 7 October 2009*.